

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-105321

(P2000-105321A)

(43) 公開日 平成12年4月11日 (2000. 4. 11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 6/13		G 0 2 B 6/12	M 2 H 0 4 7
G 0 2 F 1/35	5 0 5	G 0 2 F 1/35	5 0 5 2 K 0 0 2
H 0 1 S 5/50	6 3 0	H 0 1 S 3/18	6 9 4 5 F 0 4 1
// H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-277529

(22) 出願日 平成10年9月30日 (1998. 9. 30)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 飯塚 紀夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

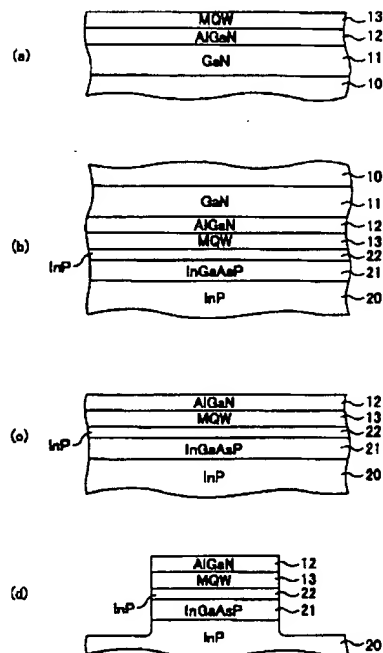
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 窒化物半導体多重量子井戸を形成したサファイア基板を簡便な方法で除去することができ、導波構造の形成が容易となる。

【解決手段】 光半導体素子の製造方法において、サファイア基板10上にGa_{0.5}Nバッファ層11を介してAlGa_{0.5}Nクラッド層12を成長し、その上にサブバンド間遷移による光吸収層として機能するGa_{0.5}Al_{0.5}N/Ga_{0.5}N多重量子井戸層13を形成したのち、InP基板20上にInGaAsP層21を介してInP接着層22を形成した半導体基体を、多重量子井戸層13にInP接着層22が接するように重ね、水素雰囲気中800℃、40分間の熱処理により接着し、しかるのち、基板を急冷して熱的応力を印加することによりGa_{0.5}N層11を粉砕し、半導体基体からサファイア基板10を切り離す。



【特許請求の範囲】

【請求項1】サファイア基板上にGa_{1-x}N_x層とAl_{1-x}Ga_xN_x層(0<x≤1)層とを順次積層し、その上部の少なくとも一部に、サブバンド間遷移による光吸収層として機能する窒化物半導体多重量子井戸層を積層する工程と、

次いで前記サファイア基板上に形成した各層からなる窒化物半導体積層構造上に、III-V族半導体からなり、砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含有する半導体基体を接着する工程と、

次いで熱的又は機械的応力を印加することにより前記Ga_{1-x}N_x層を粉砕し、前記窒化物半導体積層構造から前記サファイア基板を切り離す工程とを含むことを特徴とする光導波素子の製造方法。

【請求項2】前記Al_{1-x}Ga_xN_x層のAl組成xを0.6以上に設定したことを特徴とする請求項1記載の光導波素子の製造方法。

【請求項3】前記半導体基体として、InP基板又は、InP基板上にInをIII族元素として含む砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含む半導体層を形成したものをを用いることを特徴とする請求項1記載の光導波素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光スイッチ、光変調器、波長変換素子などの光導波素子に係わり、特に作成プロセスの改良をはかった光導波素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体レーザ、低損失光ファイバ、光ファイバ増幅器、高速集積回路などのオプトエレクトロニクス関連技術の発展により、毎秒10ギガビットという大量の情報を長距離伝送することが可能となっている。しかし、来るべきマルチメディア時代においては、一般の末端利用者も高精細映像情報などの大量の情報をリアルタイムで利用できることになるので、さらに大容量の情報を伝送、処理できるインフラストラクチャーの構築が必要になる。

【0003】光ファイバの高帯域性を活かして大容量の情報伝送、処理を行うには、光周波数多重(光FDM)技術や光時分割多重(光TDM)技術を用いるのが妥当と考えられる。そこで、大規模で効率的な光FDMネットワークや光TDMネットワークの実現に向けて、コンパクトで高効率の波長変換素子、光制御型の超高速非線形光スイッチなどの、新しい機能を有する光導波素子を開発することが急務となっている。

【0004】このような光導波素子として、電子のサブバンド間遷移に伴う光吸収を応用した非線形光デバイスが考えられる。サブバンド間吸収を利用することにより、応答速度を高く、かつ非線形性を大きくすることが

できる。このサブバンド間吸収層は、光通信で用いられる1.55μm付近の波長で動作する必要がある。サブバンド間吸収については、InP基板上に形成したInGaAs/AlAs量子井戸層を用いてこの波長での吸収が報告されている(J.H.Smet et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 64, pp986-987(1994))。しかしながら、この材料系の場合、サブバンド間遷移の緩和時間は2~3ピコ秒であり、将来的に必要とされる、Tb/sの通信速度には対応できない。

【0005】一方、Ga_{1-x}N_xやAlNのような窒化物半導体量子井戸中のサブバンド間遷移の緩和時間は100フェムト秒程度であると理論的に計算されており、Tb/sの通信速度に十分対応できる。窒化物半導体多重量子井戸中のサブバンド間遷移を応用してスイッチング素子を形成しようとする場合の望ましい形態は、例えばInPなどで構成される半導体導波路に接合するものである。このような形態とすることで、InP基板やGaAs基板上に形成した光増幅素子などの光デバイスとの集積化が可能となり、素子の小型化、低消費電力化が可能となる。

【0006】しかしながら、窒化物半導体を他の半導体に接合した後、導波構造を実現するためには、窒化物半導体を成長した基板を加工する必要が生じる。一般に用いられる基板の厚さは数100μmの厚さがあり、これをエッチング等により削り去るには多大な時間を要する。また、基板として現在最も良く用いられているサファイア基板の場合には硬度が非常に高く、エッチングにより加工するのが非常に困難である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、窒化物半導体多重量子井戸を異種半導体に接合して導波構造を形成しようとしても、窒化物半導体の成長基板を除去するのが難しく、これが高速通信可能な光導波素子の実現を妨げる要因となっていた。

【0008】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、窒化物半導体成長基板を簡便な方法で除去することができ、導波構造の形成を容易に実現できる光導波素子の製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】(構成)上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。即ち本発明は、光導波素子の製造方法において、サファイア基板上にGa_{1-x}N_x層とAl_{1-x}Ga_xN_x層(0<x≤1)層とを順次積層し、その上部の少なくとも一部に、サブバンド間遷移による光吸収層として機能する窒化物半導体多重量子井戸層を積層する工程と、次いで前記サファイア基板上に形成した各層からなる窒化物半導体積層構造上に、III-V族半導体からなり、砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含有する半導体基体を接着す

る工程と、次いで熱的又は機械的応力を印加することにより前記GaN層を粉砕し、前記窒化物半導体積層構造から前記サファイア基板を切り離す工程とを含むことを特徴とする。

【0010】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) $Al_x Ga_{1-x} N$ 層のAl組成xを0.6以上に設定したこと。

(2) $Al_x Ga_{1-x} N$ 層の厚さは、0.5～2.5 μm の範囲であること。

(3) 半導体基体として、InP基板又は、InP基板上にInをIII族元素として含む砒素又は磷の少なくとも一方をV族元素として含む半導体層を形成したものをを用いること。

【0011】(4) サファイア基板の剥離のためにGaN層を粉砕する方法として、接着した基板全体を加熱した後に急冷すること。

(5) サファイア基板の剥離のためにGaN層を粉砕する方法として、接着した基板全体に機械的応力を加えて撓ませること。

【0012】(作用) 本発明者らの実験によれば、サファイア基板上にMOCVD法にてGaNを約1.7 μm 成長した後、 $Al_{0.8} Ga_{0.2} N$ を約0.05 μm 成長し、MOCVD装置から取り出し、断面をSEM(走査型顕微鏡)で観察したところ、図2に示すように、GaN層の一部が粉砕され、AlGaN層が底状に残っているのが観察された。このことから、GaNが格子定数の異なるAlGaNによって強い応力を受けるために内部に無数の格子欠陥が発生し、成長終了後の降温過程や、SEM観察のための劈開などの、熱的又は機械的ストレスによって容易に粉砕されてしまうと考えられる。

【0013】なお、GaNが粉砕する現象をさらに詳細に調べたところ、このような現象はAl組成が大きいほど、また厚さが厚いほど顕著に発生することが分かった。より具体的には、AlGaNのAl組成が0.6以上で、かつAlGaNの厚さが0.5 μm 以上であれば、GaNを確実に粉砕除去できることが分かった。さらに、AlGaNの厚さがあまり厚くなるとAlGaN自体の結晶品質が悪くなるため、AlGaNの厚さは2.5 μm 以下であるのが望ましいのも分かった。

【0014】本発明は、上記の発見による実験事実を応用するものである。即ち、まずサファイア基板上にGaN層を成長し、続いてAlGaN層を成長する。引き続き、サブバンド間吸収層である多重量子井戸層を成長した後、徐々に室温まで降温する。このようにして作成された窒化物半導体層は、降温過程が緩やかであるためにまだGaN層は粉砕されていない。

【0015】次いで、これにInPなどの半導体基板を重ね、800℃程度の温度で加熱することで窒化物半導体積層構造と接着する。この後、室温まで急冷すること

で上記GaN層に熱的ストレスを加え、粉砕する。このようにしてサファイア基板をAlGaN層から除去することができ、一方AlGaN層及び多重量子井戸層は上記InPなどの半導体基板に接着されてまま残存するので、エッチング等により簡便に導波構造を形成できる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。図1は、本発明の一実施形態に係わる光導波素子の製造工程を示す断面図である。

【0017】まず、図1(a)に示すように、(0001)面のサファイア基板10の上にMOCVD法にて、トリメチルガリウム及びアンモニアガスをを用いて、厚さ1.7 μm のGaNバッファ層11、さらにトリメチルアルミニウムを加えて厚さ500nmの $Al_{0.8} Ga_{0.2} N$ からなるクラッド層12、厚さ3nmの $Al_{0.6} Ga_{0.4} N$ と厚さ1.5nmのSiを $2 \times 10^{18} cm^{-3}$ ドープしたGaNからなる井戸数30の多重量子井戸層13を順次積層する。

【0018】成長終了後、基板温度を300℃までアンモニアガスを供給しながら20分間かけて徐々に降温し、その後、室温になるまで水素雰囲気中で放置した後、取り出す。

【0019】次いで、図1(b)に示すように、InP基板20上にMOCVD法で厚さ1 μm の $In_{0.77} Ga_{0.23} As_{0.5} P_{0.5}$ 層21、厚さ0.1 μm のInP接着層22を順次積層したものを、接着層22が多重量子井戸層13に接するように重ね合わせ、水素雰囲気中で800℃、40分間加熱することにより接着する。

【0020】次いで、2分間で200℃以下になるまで急冷する。このようにすることにより、基板全体に熱的な応力が加わり、図1(c)に示すように、GaN層11が粉砕されサファイア基板10が容易に剥離できる。その後、残存しているGaNの破片を完全に除去するためにメタノール中で洗浄する。

【0021】次いで、反応性イオンエッチング(RIE)で窒化物半導体積層構造を所望形状にエッチングし、さらに化学エッチングにより、InP層22、InGaAsP層21をInP基板20に達するまでエッチングすることにより、図1(d)に示すような断面構造を有する導波構造を形成する。このような導波構造においては、光はInP基板20とAlGaNクラッド層12との間を伝搬する。

【0022】このように本実施形態によれば、サファイア基板10上にGaNバッファ層11、AlGaN層12、AlGaN/GaNの多重量子井戸層13を順次積層した基体と、InP基板20上にInGaAsP層21、InP接着層22を積層した基体とを、多重量子井戸層13に接着層22が接するように接着した後、これらの基体を急冷して熱的応力を印加することにより、GaNバッファ層11を粉砕して各基体を切り離すことが

できる。

【0023】即ち、窒化物半導体の成長基板であるサファイア基板10をInP基板20側から簡便な方法で除去することができ、光増幅素子などの光デバイスを形成したInP基板に窒化物半導体多重量子井戸を接合した導波構造を実現することができる。このため、InP基板20の上に、AlGa_N/Ga_Nの多重量子井戸層13を光吸収層として形成した高速通信可能な光導波素子を作成することが可能となる。

【0024】なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。実施形態においては、クラッド層をAl_{0.8}Ga_{0.2}Nで構成したが、この代わりにAlNを用いてもよい。要は、粉砕すべきAlを含まないGa_N層に対してAlを含む窒化物半導体層であればよい。Ga_Nバッファ層をより確実に粉砕するためには、Al組成xが0.6以上であり、Al_xGa_{1-x}Nの厚さは0.5～2.5μmの範囲が望ましい。

【0025】実施形態では、InP基板上にInGaAsP層等を形成したが、InP基板を直に接着するようにしても良い。また、InP基板の代わりにGaAs基板を用いることも可能である。さらに、InP基板やGaAs基板等の上には発光素子や受光素子、変調器等の光デバイスが形成されていても良い。

【0026】実施形態ではサファイア基板側とInP基

板側を接着した後に急冷することでサファイア基板を剥離したが、この代わりに機械的応力を加える、例えば基板全体を撓ませることで剥離することも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0027】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、光デバイス等を形成したInPやGaAs基板側から窒化物半導体多重量子井戸層の成長基板であるサファイア基板を簡便な方法で除去することができ、高速通信可能な光導波素子を作成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

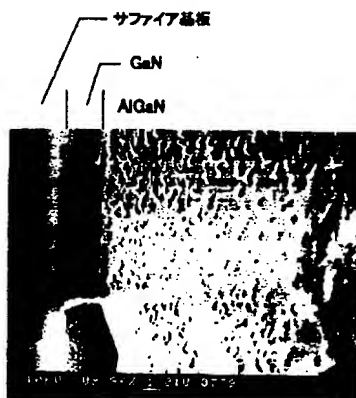
【図1】本発明の一実施形態に係わる光導波素子の製造工程を示す断面図。

【図2】サファイア基板上に形成したGa_N層の粉砕の様子を示す顕微鏡写真。

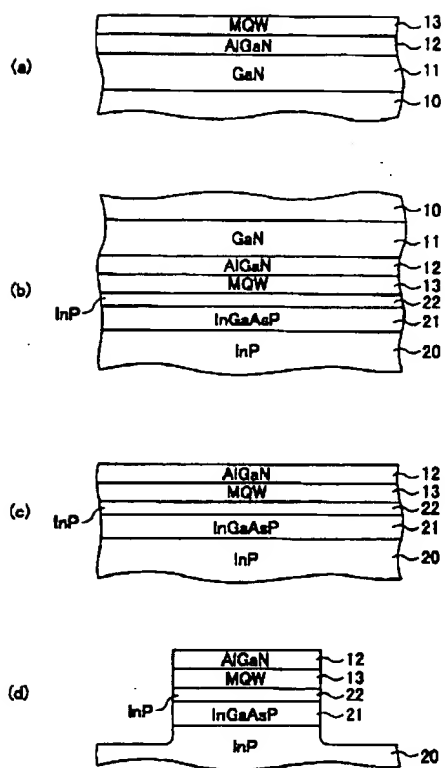
【符号の説明】

- 10…サファイア基板
- 11…Ga_Nバッファ層
- 12…AlGa_Nクラッド層
- 13…多重量子井戸層
- 20…InP基板
- 21…InGaAsP層
- 22…InP接着層

【図2】



【図1】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H047 KA05 PA00 PA06 PA24 QA02
 QA07 RA00 RA08 TA00
 2K002 AB09 CA13 DA03 EA08 FA05
 HA00
 5F041 AA00 CA65 CA77 FF14
 5F073 AA74 CA07 CB02 CB07 DA05
 DA11 DA22 DA25 DA35

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 00105321 A

(43)Date of publication of
application: 11. 04 . 00

(51)Int. Cl. **G02B 6/13**
G02F 1/35
H01S 5/50
// H01L 33/00

(21)Application number: 10277529

(71)Applicant: TOSHIBA CORP

(22)Date of filing: 30 . 09 . 98

(72)Inventor: IIZUKA NORIO

(54)PRODUCTION OF OPTICAL WAVEGUIDE
ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily remove a sapphire substrate on which a nitride semiconductor multiple quantum well is formed, and to easily form a waveguide structure.

SOLUTION: An AlGaIn clad layer 12 is grown on a GaN buffer layer 11 on a sapphire substrate 20, and a GaAlN/GaN multiple quantum well layer 13 which functions as a light-absorbing layer by transition between sub-bands is formed thereon. Then a semiconductor substrate prepared by forming an InP adhesion layer 22 on an InGaAsP layer 21 on an InP substrate 20 is laminated on the layer 13 with the layer 22 in contact with the layer 13. The laminated body is adhered by heat treatment at 800°C in a hydrogen atmosphere for 40 min. Then, the substrate is

rapidly cooled to add thermal stress and the layer 11 is broken. Thus, the sapphire substrate 10 is separated from the semiconductor substrate.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

